

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : **2 734 151**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **95 05946**

(51) Int Cl<sup>8</sup> : A 61 F 2/66

(12) **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

(22) Date de dépôt : 15.05.95.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 22.11.96 Bulletin 96/47.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule.*

(60) Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

(71) Demandeur(s) : **CORIMA SOCIETE ANONYME —  
FR.**

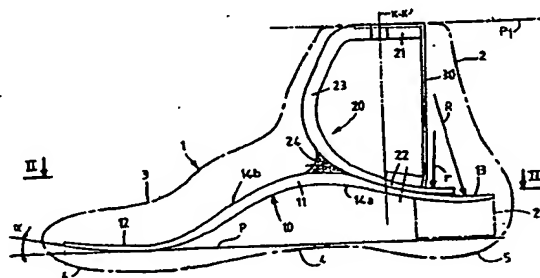
(72) Inventeur(s) : **MARTIN PIERRE ABEL.**

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire : **BEAU DE LOMENIE.**

(54) **STRUCTURE REACTIVE DE PIED PROTHETIQUE.**

- (57) - Prothèse de membre.  
- La structure est caractérisée en ce que  
- la semelle (10) constitue un élément réactif en forme de  
ressort-lame comprenant:  
  . une voûte-cambrion (11),  
  . une spatule antérieure (12) prolongeant la voûte en pré-  
sésentant une cambrure inverse de celle de la voûte,  
  . une spatule postérieure (13) prolongeant la voûte en  
présentant une cambrure inverse de celle de la voûte,  
- l'armature de cheville (20) est constituée par un élé-  
ment réactif en forme de C lié à la semelle dans la partie de  
raccordement entre la voûte et la spatule arrière.  
Application aux prothèses totales de pied.



**FR 2 734 151 - A1**



La présente invention concerne le domaine des prothèses externes conçues pour reconstituer ou remplacer un organe naturel défaillant et elle vise, plus spécifiquement, le domaine des prothèses de pied considérées dans le sens  
5 fonctionnel complet, c'est-à-dire incluant l'articulation de la cheville à laquelle appartiennent à cette fin les épiphyses distales du tibia et du péroné.

Le besoin de pouvoir compenser l'absence d'un pied naturel s'est déjà fait sentir depuis de nombreuses années et un grand nombre de propositions ont été formulées dans ce sens.

10 Les premières propositions ont simplement consisté à remplacer le pied naturel par une prothèse rigide, par exemple en bois, qui ultérieurement a été munie d'une articulation visant à assumer les fonctions de la cheville.

Ensuite, des propositions plus élaborées ont été formulées en faisant intervenir des structures en forme de lame de ressort, destinées à être enrobées dans une masse  
15 réhabilitatrice en élastomère ou analogue. Un exemple d'une telle technique est, entre autre, illustrée par le brevet *US 4.959.073*.

Quels que soient les matériaux utilisés pour réaliser de telles structures, il s'est rapidement avéré qu'elles présentaient un avantage de restitution de travail emmagasiné lors de la marche et pouvaient être qualifiées de réactive ou de  
20 dynamique, mais qu'en réalité, il convenait de les réaliser sous différents modèles, de manière à pouvoir adapter leurs caractéristiques de réactivité. En procédant de la sorte toutefois, de telles prothèses devenaient alors d'un prix de revient incompatible avec les objectifs généralement pris en compte pour appareiller les handicapés.

Par ailleurs, de telles prothèses ne sont pas réputées pour procurer une stabilité  
25 latérale convenable et posent des problèmes d'appui en cas de marche sur des sols plus ou moins en dévers ou irréguliers. On conçoit qu'un tel inconvénient est de nature quasiment rédhibitoire pour les handicapés.

La technique antérieure a connu une autre proposition visant à réaliser la structure à partir d'une semelle sur laquelle se trouve adaptée une armature  
30 sensiblement en U, dont la partie centrale ou âme est dirigée vers l'avant. L'une des branches est liée à la semelle de manière que la partie centrale en U se trouve

sensiblement située à environ un tiers de l'extrémité avant de la semelle et la seconde branche est destinée à porter des moyens de liaison avec un pylône.

Une telle technique peut être illustrée par le brevet français 88-16573 (2.640.499).

5 Dans une telle proposition, l'armature en U est, semble-t-il, prévue pour assumer une fonction de ressort favorisant une certaine souplesse d'attaque qui est complétée par l'interposition d'une masse élastique entre les deux branches de l'armature.

10 Si, par de tels moyens, l'amortissement de l'impact du talon peut être assurée, le caractère réactif qui est recherché et que l'on est en droit d'attendre, ne prend pas en compte les différentes séquences de la marche.

Le premier inconvénient devant être noté est celui de la situation au tiers antérieur de la partie de l'armature en U responsable de la flexion. Une telle position ne correspond pas à un enroulement, un déroulement et une flexion naturelle autour  
15 des axes d'articulation de la cheville naturelle.

Par ailleurs, la réaction de la masse élastique, lors de l'allègement et du déroulement avec décollement du talon, tend à produire l'écartement relatif ou l'ouverture de la branche supérieure de l'armature et retarde d'autant la fonction de flexion qui devrait normalement intervenir par l'intermédiaire de la semelle pour  
20 correspondre au déroulement entretenu naturellement par le déplacement relatif entre les métatarses et les orteils.

De tels inconvénients ne sont pas de nature à produire un confort optimal et ne permettent pas d'envisager d'appareiller un handicapé pour la marche normale et/ou la pratique d'exercices physiques, voire sportifs, faisant intervenir des impacts  
25 au sol plus forts, des déroulements plus rapides et des enroulements de métatarses plus amples.

L'objet de l'invention est de proposer des perfectionnements aux prothèses de pied relevant, plus particulièrement, de la seconde famille ci-dessus, de telle sorte que des caractéristiques de flexion, d'amortissement de l'impact du talon, de  
30 déroulements réactifs de la semelle et de stabilité transversale, puissent être fournies, afin de favoriser une marche normale et/ou la pratique d'exercices physiques

impliquant l'intervention des pieds.

Pour atteindre les objectifs ci-dessus, la structure réactive de pied prothétique est caractérisée en ce que :

- 5                   - la semelle constitue un élément réactif en forme de ressort-lame comprenant
  - . une voûte-cambion sensiblement centrale,
  - . une spatule antérieure, formant plante, prolongeant la voûte vers l'avant en présentant une cambrure inverse de celle de la voûte,
  - 10               . une spatule postérieure, formant talon, prolongeant la voûte vers l'arrière en présentant une cambrure inverse de celle de la voûte,
- 15               - l'armature de cheville est constituée par un élément réactif en forme de C déformable élastiquement dans son plan et lié par l'une de ses branches à la semelle dans la partie de raccordement entre la voûte et le talon.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence au dessin annexé qui montre, à titre d'exemples non limitatifs, des formes de réalisation de l'objet de l'invention.

20               La figure 1 est une élévation de la structure réactive conforme à l'invention.

La figure 2 est une vue en plan prise sensiblement selon la ligne II-II de la figure 1.

La figure 3 est une vue en plan analogue à la figure 2, mais montrant, à plus petite échelle, une variante de réalisation.

25               Les figures 1 et 2 illustrent la structure réactive de pied prothétique destinée à être incorporée à un enrobage 1, en toute matière appropriée, habituelle dans la technique des prothèses. Pour cette raison, un tel enrobage n'est pas décrit plus avant, étant considéré comme relevant de l'homme de l'art. A titre d'information, un tel enrobage a pour vocation de représenter une prothèse définissant une cheville

30               2, un pied proprement dit 3, offrant une conformation la plus proche possible d'un pied ordinaire et incluant, en particulier, une voûte plantaire 4 ménagée entre une

protubérance arrière 5 matérialisant le talon et une plante proprement dite 6.

La structure réactive de pied prothétique conforme à l'invention, comprend une semelle 10 qui est réalisée sous la forme d'un ressort-lame, afin d'offrir une certaine faculté de déformation élastique. La semelle 10 peut être réalisée en de nombreux matériaux différents, mais pour allier des caractéristiques de résistance, de flexibilité et de légèreté, il apparaît préférable de réaliser cette semelle en fibres de carbone imprégnées et noyées dans une résine polymérisée et, par exemple, à partir de fibres de carbone tissées, constituées en nappes successives, telle que cette technique est déjà utilisée dans d'autres domaines.

La semelle 10 est conformée pour présenter une partie sensiblement centrale 11 cambrée, formant une voûte-cambion qui se trouve prolongée par deux parties terminales qualifiées de spatule antérieure 12 et de spatule postérieure 13. De préférence, mais non obligatoirement, la semelle 10 est réalisée pour présenter une épaisseur constante sur la partie voûte-cambion et une épaisseur décroissant progressivement en direction des spatules 12 et 13.

La conformation de la semelle 10 est également choisie pour que la spatule 12 présente une courbure inverse de celle de la voûte 11, de même d'ailleurs que celle de la spatule postérieure 13.

La semelle 10 est réalisée, de manière que pour son utilisation, la face 14a, correspondant au creux de la voûte-cambion, soit dirigée en direction d'un plan d'appui fictif, tel que celui désigné par la lettre P et qui, pour une meilleure compréhension, est considéré comme matérialisant un sol de déplacement. La face 14b opposée de la semelle 10 est alors dirigée vers le haut.

La semelle 10 est surmontée d'une armature de cheville 20 qui est constituée par un élément réactif sensiblement en forme de C déformable élastiquement dans son plan. L'armature de cheville est avantageusement aussi réalisée comme dit précédemment pour ce qui concerne la semelle 10. L'armature de cheville comporte deux branches 21 et 22 qui sont reliées par une âme 23 cambrée. L'armature de cheville 20 est adaptée par la branche 22 dite de liaison, sur la surface 14b de la semelle 10, de telle sorte qu'elle se trouve située, par un axe fictif de référence x-x' orienté verticalement, à une distance du bord extrême de la spatule arrière 13

comprise entre un quart et un tiers de la longueur de la semelle 10. L'armature de cheville est orientée dans cette situation, de telle sorte que les branches 21 et 22 soient dirigées vers l'arrière, alors que l'âme 23 se trouve dirigée vers l'avant.

5 La liaison entre la branche 22 et la semelle 10 est assurée de manière définitive, voire démontable, le choix de la solution la mieux adaptée dépendant essentiellement des matériaux utilisés et des méthodes de fabrication, étant entendu qu'il peut être envisagé de réaliser la structure articulée de manière monobloc, de telle sorte que, pour partie au moins, la branche de liaison 22 se trouve alors confondue avec la partie correspondante de la semelle 10.

10 La branche 21 présente une forte épaisseur constante, de manière à constituer une sellette rigide et indéformable, à partir de laquelle ou sur laquelle peut être adapté, de toute manière appropriée connue, un prolongement d'adaptation sur la jambe, tel qu'un pylône ou analogue.

15 Selon une disposition préférée, mais non obligatoire, l'armature de cheville 20 présente une épaisseur décroissant progressivement en direction de la branche de liaison 22, de manière que l'âme 23 constitue par sa partie centrale une zone de flexion élastique sous un effort tendant à rapprocher la branche 21 de la branche 22 et une zone réactive restituant le travail emmagasiné, lorsqu'un tel effort cesse.

20 L'armature 20 peut présenter une largeur constante ou au contraire une largeur variable, selon, notamment, les caractéristiques de flexion recherchée, en particulier au niveau de l'âme 23.

25 Compte-tenu de la conformation de l'armature de cheville et de la semelle, notamment dans la zone de la voûte-cambion, ainsi que de l'orientation d'adaptation de l'armature de cheville, l'angle rentrant, que délimitent les faces en regard de cette armature et de la semelle, peut être mis à profit pour introduire un facteur de variabilité de la caractéristique de flexion de l'âme 23, par exemple au moyen de l'interposition d'un coin 24, en une matière élastomère appropriée.

30 Selon une autre disposition de l'invention, la branche 22 dite de liaison présente au moins dans sa partie terminale un rayon de courbure  $r$  qui est inférieur au rayon de courbure  $R$  présenté par la cambrure de la spatule postérieure 13. Cette disposition est prévue pour conférer un caractère de flexibilité propre, premier, à la

spatule arrière 13 lors de l'impact sur le sol, de manière à amortir par absorption partielle, une partie de l'énergie d'impact et à faire intervenir ensuite, lorsque la spatule 13 épouse la partie terminale de la branche 22, une flexion simultanée des deux parties lames concernées.

5 Dans un même objectif, il est avantageux, sinon préféré, de réaliser la branche 22, de manière que le bord extrême de sa partie terminale soit situé en retrait du bord extrême de la spatule 13.

Selon une autre disposition constructive qui apparaît à la figure 1, la semelle 10 est réalisée de telle sorte que, tout en respectant les dispositions énoncées précédemment, la spatule arrière 13 soit située dans un plan surélevé par rapport au plan P, lorsque la spatule 12 est en appui sur ce plan et que la branche supérieure 21 occupe un plan  $P_1$  sensiblement horizontal. Une telle condition est réunie en faisant intervenir une conformation de la voûte-cambion 11 privilégiant la longueur de sa partie de raccordement avec la spatule antérieure 12 et en prévoyant 15 l'adaptation, sur la face dirigée vers le plan P de la spatule postérieure, d'une masse compensatrice 25 pouvant être qualifiée de talon.

Les dispositions constructives ci-dessus permettent d'obtenir les effets suivants, lors des différentes phases de la marche.

L'impact du talon sur le sol est amorti par la flexion première de la spatule 13 20 qui fait intervenir dans un second temps la flexion de la partie terminale de la branche 22. L'énergie supplémentaire non absorbée, générée par cet impact, est ensuite absorbée par la flexion de l'âme 23, laquelle se trouve ensuite complétée lorsque la spatule 12 prend contact avec le plan P par une flexion de la voûte-cambion 11.

25 Lors de la phase d'allègement et de déroulement, le travail emmagasiné est restitué par l'armature de cheville 20 et par la voûte-cambion 11, tout en générant une flexion de la spatule antérieure 12 pour produire un effet d'enroulement, comme cela intervient naturellement par l'intermédiaire des métatarses et des phalanges des orteils.

30 Ainsi que cela apparaît à la figure 1, cette phase est rendue dans les meilleures conditions par la flexibilité différentielle qui intervient au-niveau de la spatule

antérieure 12, en raison de la variation de son épaisseur éventuellement combinée à une forme de spatule, tel qu'illustré par la figure 2, mais aussi par l'angle  $\alpha$  de relèvement conféré par la cambrure imposée à l'état statique à la spatule antérieure 12.

5 Pour améliorer les conditions de restitution, mais aussi de flexion, de la spatule antérieure 12, lors de l'enroulement, il est avantageusement prévu de compléter l'armature 20 par un lien de tension 30 sous-tendant l'arc que définit cette armature. De préférence, le lien de tension 30 est interposé entre les branches 21 et 22 et constitue une corde non étirable de façon rémanente, tendue entre les branches pour  
10 assumer en quelque sorte une fonction pouvant être considérée comme analogue au tendon d'Achille naturel. La corde 30 peut être réalisée de plusieurs manières convenables et, le cas échéant, être liée aux branches 21 et 22 par des moyens de fixation amovibles interdisant toutefois tout risque de glissement relatif.

Selon une autre disposition de l'invention, il est prévu de faire comporter à la  
15 semelle 10, dans l'un au moins de ses bords longitudinaux, un évidement 40 intéressant plus particulièrement la voûte-cambrion. Un tel évidement améliore les caractéristiques de flexion longitudinale, tout en fournissant une réaction de torsion possible favorable pour l'absorption des compensations de niveau pour la marche sur sol en dévers ou sur surface irrégulière.

20 L'exemple selon la figure 2 fait intervenir deux évidements 40 et 41, de forme et de position identiques, pour que la partie 11 assume une fonction de barre de torsion, par exemple en alignement avec un axe longitudinal y-y' médian de la semelle. Il doit bien entendu être considéré qu'une disposition asymétrique pourrait aussi être retenue, au point, par exemple, d'aboutir à une forme en plan, du type de  
25 celle illustrée par la figure 3 montrant un exemple de réalisation de la semelle, pour la réalisation d'une structure réactive de pied prothétique droit, étant entendu qu'une réalisation symétrique pour le pied gauche doit aussi être considérée.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.



## REVENDEICATIONS

- 1 - Structure réactive de pied prothétique, du type comprenant une semelle cambrée (10) surmontée d'une armature de cheville (20) en forme de C ouvert vers l'arrière et comportant deux branches (21, 22) réunies par une âme cambrée (23),
- 5 caractérisée en ce que
- la semelle (10) constitue un élément réactif en forme de ressort-lame comprenant
    - . une voûte-cambrion (11) sensiblement centrale,
    - . une spatule antérieure (12), formant plante, prolongeant

10 la voûte vers l'avant en présentant une cambrure inverse de celle de la voûte,

    - . une spatule postérieure (13), formant talon, prolongeant la voûte vers l'arrière en présentant une cambrure inverse de celle de la voûte,
  - l'armature de cheville (20) est constituée par un élément réactif

15 en forme de C déformable élastiquement dans son plan et lié par l'une de ses branches à la semelle dans la partie de raccordement entre la voûte et la spatule arrière.
- 2 - Structure réactive de pied prothétique selon la revendication 1,
- 20 caractérisée en ce que l'armature (20) est liée à la semelle (10) dans une zone de cette dernière comprise sensiblement entre le tiers et le quart de sa longueur à partir de l'extrémité transversale du talon.
- 3 - Structure réactive de pied prothétique selon la revendication 1 ou 2,
- 25 caractérisée en ce que l'armature (20) possède une branche supérieure (21) formant une sellette d'adaptation d'un pylône et en ce que la semelle (10) est réalisée de telle sorte que la spatule postérieure (13) soit située, par sa face inférieure, sur un plan horizontal surélevé par rapport à celui (P) également horizontal tangent à la spatule antérieure (12) lorsque la branche supérieure (21) occupe un plan sensiblement horizontal (P<sub>1</sub>).
- 30 4 - Structure réactive de pied prothétique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'armature (20) présente une épaisseur constante pour la

sellette et une épaisseur décroissant progressivement en direction de la branche de liaison avec la semelle.

5        5 - Structure réactive de pied prothétique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que l'armature (20) possède, pour liaison avec la semelle, une  
branche (22) dont la partie terminale est cambrée selon un rayon de courbure (r) inférieur à celui (R) de la cambrure de la spatule postérieure.

6 - Structure réactive de pied prothétique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que l'armature (20) présente, pour la liaison avec la semelle, une branche (22) dont l'extrémité transversale est située en retrait de celle du talon.

10       7 - Structure réactive de pied prothétique selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisée en ce que l'armature est liée à la semelle avec interposition d'un coin (24) de matière élastomère occupant l'angle rentrant défini par les faces en regard de l'armature et de la semelle.

15       8 - Structure réactive de pied prothétique selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisée en ce que l'armature (20) est complétée par un lien de tension (30) sous-tendant l'arc que définit l'armature.

9 - Structure réactive de pied prothétique selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisée en ce que l'armature (20) est complétée par un lien de tension constitué par une corde non étirable tendue entre les branches (21, 22).

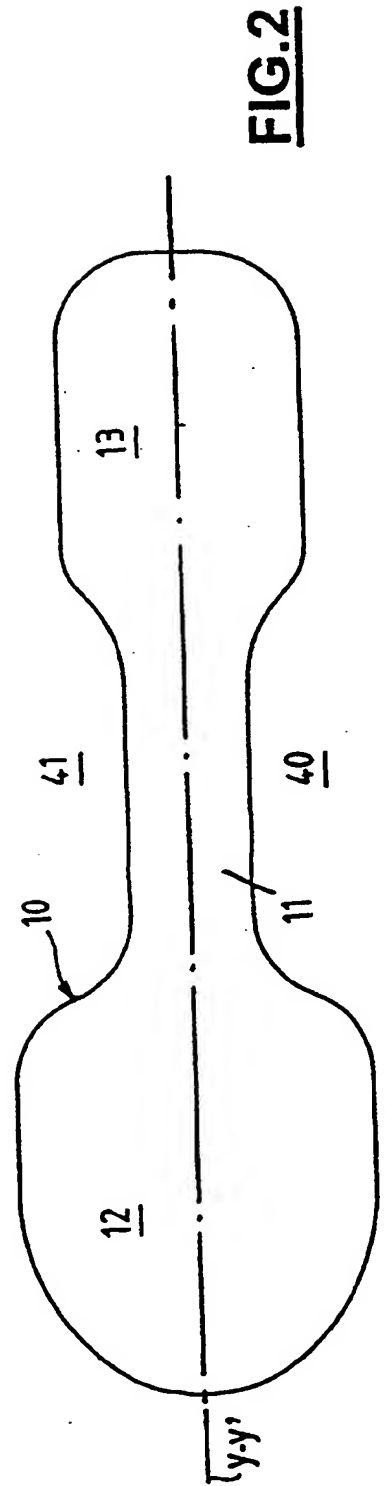
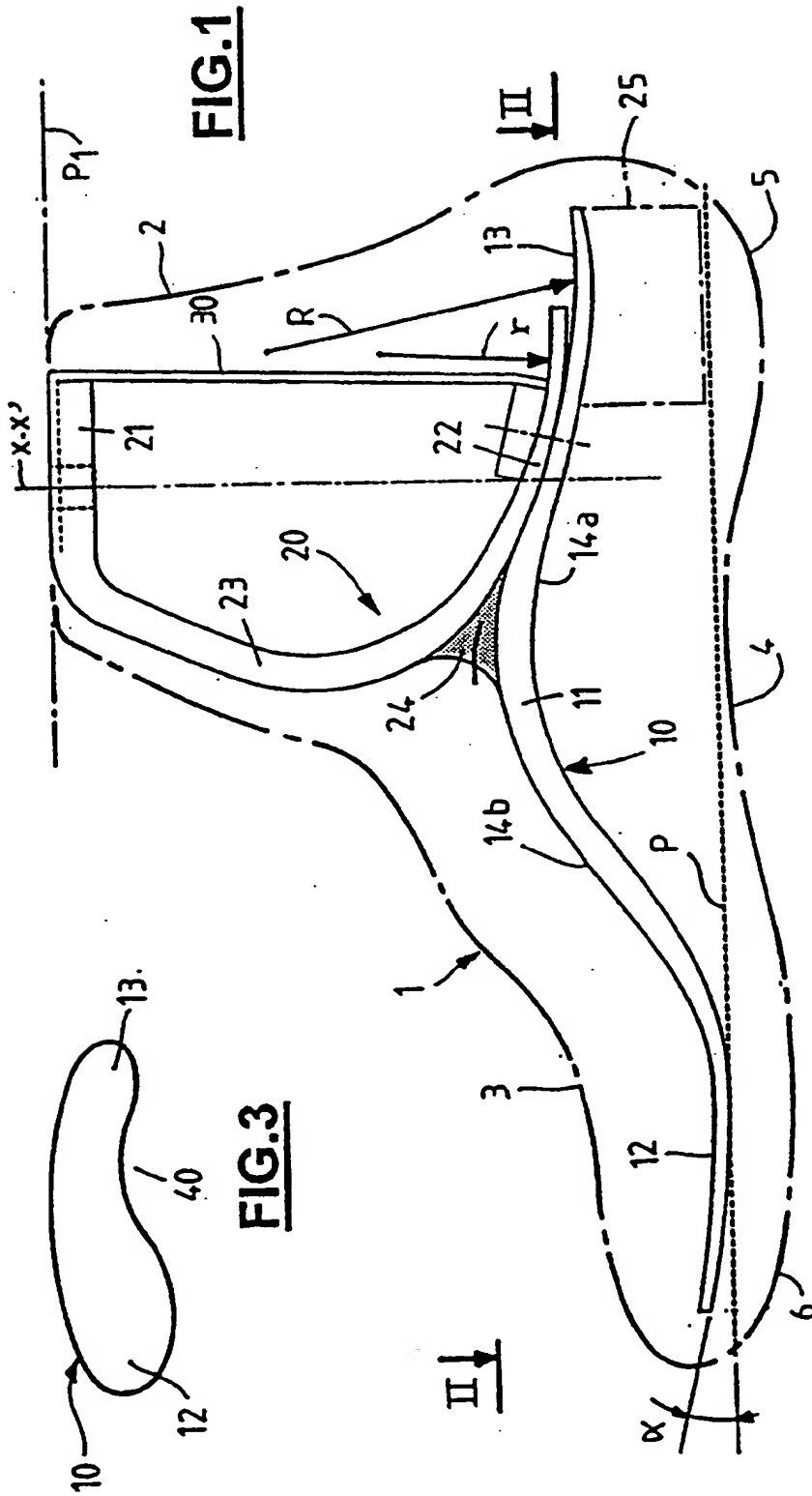
20       10 - Structure réactive de pied prothétique selon la revendication 8 ou 9, caractérisée en ce que le lien de tension (30) est adapté sur les branches par des moyens de fixation amovible.

11 - Structure réactive de pied prothétique selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que l'armature (20) présente une largeur constante.

25       12 - Structure selon la revendication 1, caractérisée en ce que la semelle présente un évidement (40) sur l'un au moins de ses bords longitudinaux et dans la partie correspondant à la voûte.

13 - Structure selon la revendication 1 ou 12, caractérisée en ce que la semelle présente en plan la forme géométrique apparente d'un pied droit ou gauche.

30       14 - Pied prothétique comportant une structure réactive selon l'une des revendications 1 à 13.



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X Y	DE-U-93 15 665 (IPOS GMBH & CO KG) * revendications; figures * * page 7, ligne 14 - page 9, ligne 7 * ---	1-6, 11 7, 12, 13
X, D	FR-A-2 640 499 (PALFRAY) * page 3, ligne 22 - page 4, ligne 35; figures 1-4 * ---	1
Y	WO-A-94 10942 (COMPOSITES-BUSCH) * page 8, ligne 3 - ligne 6; figure 2 * ---	7
Y	FR-A-2 698 538 (ETABLISSEMENTS PROTEOR) * abrégé; figure 2 * ---	12, 13
A, D	US-A-4 959 073 (MERLETTE) * abrégé * -----	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. CL. 6)
		A61F
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
25 Janvier 1996		Sánchez y Sánchez, J
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

1

EPO FORM 150 (3.11) (P04C13)